

火山岩化学組成と基盤岩構造に基づく北鹿地域での黒鉛床分布の特徴抽出

徳富拓樹*・小池克明*

Characterizing Distribution of Kuroko Deposits in the Hokuroku District Based on Chemical Composition of Volcanic Rocks and Basement Structure

Hiroki Tokutomi* and Katsuaki Koike*

*京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻 Department of Urban Management,
Graduate School of Engineering, Kyoto University, Katsura C1-2, Kyoto 615-8540, Japan.
E-mail: tokutomi.hiroki.47t@st.kyoto-u.ac.jp

キーワード：黒鉛床，機械学習，デイサイト，化学組成，ブーゲー重力異常
Key words: Kuroko deposit, Machine learning, Dacite, Chemical composition, Bouguer gravity anomaly

1. はじめに

黒鉛床は有用金属の鉛物の集合体であり、1960年代をピークに日本の鉛業を支えてきた。また、近年注目されている海底熱水鉛床との類似性も知られ、鉛床の生成位置を支配する要因の解明が望まれている。そこで本研究では、多くの黒鉛床が存在する秋田県北鹿地域を対象とし、鉛床生成と関連する火山岩の化学組成の特徴、および鉛床分布と基盤岩構造との関連を明らかにすることを目的とした。

2. 対象地域と使用データ

本研究では北鹿地域全体をほぼカバーする北緯40°-40.5°・東経140.45°-140.95°の長方形領域を解析の対象とし、火山岩の化学組成とブーゲー重力異常に関する解析を行った。化学組成解析には、通商産業省資源エネルギー庁(1983)による構造解析総合調査に収録されており、領域内の143地点でのボーリング調査から得られたデータを用いた。

重力異常解析にはICGEMによる公開データを用い、東西・南北方向ともに0.01°間隔でデータを抽出した。これは大気補正済みのフリーエア異常データであり、これに地形補正とブーゲー補正を適用し、重力異常データを求めた(第1図)。これらの補正には国土交通省の10mメッシュ標高データを用い、地形補正はArcGISに標準装備のPythonにより行った。さらにクリギングを用いた補間により、補正データを0.002°間隔の重力異常データに変換した。黒鉛床の位置データはHede *et al.* (2017)による。

3. 手法

化学組成解析では黒鉛床の生成に関連し、黒鉛胎層層準である西黒沢階上部(山田, 2018)に含まれるデイサイトを選び、これらの鉛床近傍と遠方における化学組成の差異に注目した。複数の化学元素濃度の空間的相関性が3~4kmであったことに基づき、鉛床から3km以内の範囲を鉛床近傍と定義した。解析には、学習方法の異なるRandom Forests (RF) と XGBoost の2種の機械学習を用い、この不均衡データ処理としてSMOTEを導入した。また、これ

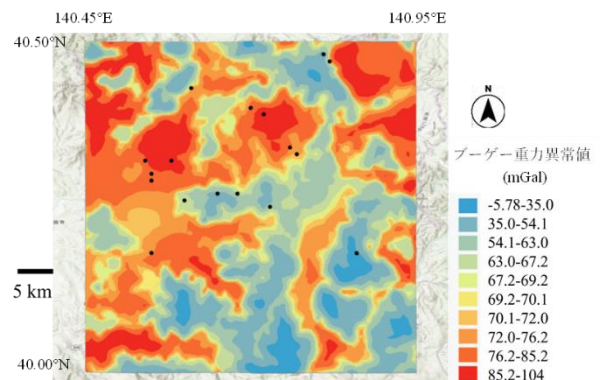
らの学習の正確性をF1 scoreで評価した。これは学習の正解率と再現率の調和平均により定義される。機械学習において設定するパラメータはF1 scoreが最良となるように最適化し、解析を行った。ここでは元データの70%を学習の教師データに用い、残りの30%をテストデータとしてF1 scoreを求めた。

ブーゲー重力異常解析では、対象領域の基盤岩構造を明らかにするために、ArcGISのハイパス・フィルターと曲率計算ツールを用いてカルデラ構造や断層分布に起因した重力異常の急変部を抽出した。

4. 結果と考察

デイサイトの化学組成解析結果(第1表)より、鉛床近傍と遠方ではCo濃度の差が大きく、また鉛床からの距離と濃度の関係を検討したところ、特に鉛床近傍でCo濃度が低い(第2図)という傾向を明らかにできた。この特徴はマグマ分化の程度に関連している可能性がある。

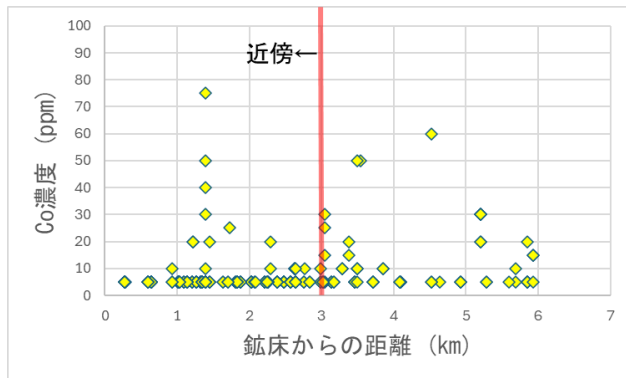
ブーゲー重力異常解析ではハイパス・フィルターと曲率計算の両方から類似した結果が得られ、これらによるマップに断層分布の影響が明瞭に表れた(第3図)。



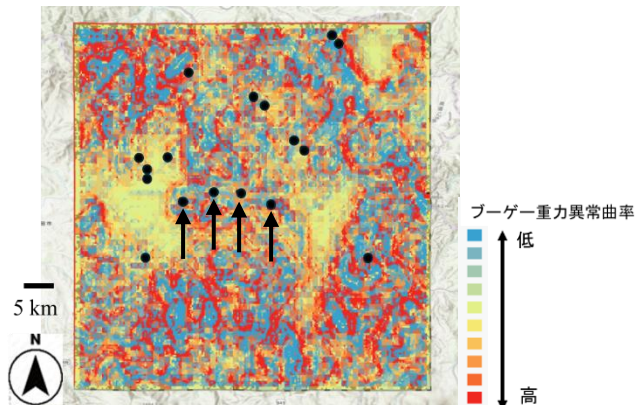
第1図 対象地域のブーゲー重力異常 (黒点は黒鉛床の位置を示す)

第1表 鉱床近傍と遠方のデイサイトにおける化学組成の差異

RF		XGBoost	
元素	重要度	元素	重要度
Co	0.153	Co	0.182
Zn	0.078	Cr ₂ O ₃	0.110
Cr	0.060	MnO	0.059
BaO	0.056	Mo	0.059
CaO	0.055	Al ₂ O ₃	0.059
F1 score		F1 score	
遠方	0.44	遠方	0.51
近傍	0.82	近傍	0.83



第2図 Co濃度と鉱床からの距離の関係



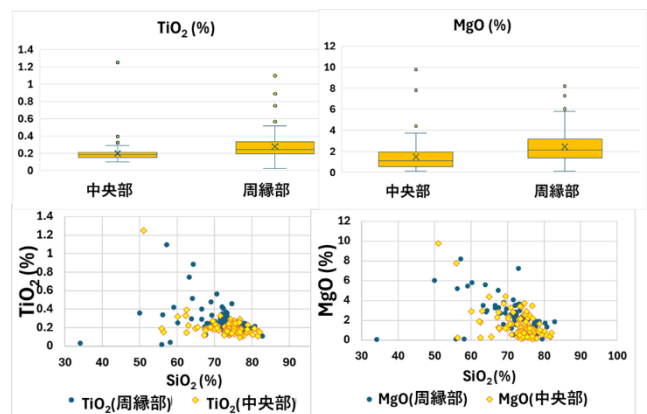
第3図 ブーゲー重力異常の曲率計算結果 (黒矢印は北鹿中央部の4鉱床を示す)

黒鉱鉱床は主に高異常域の周辺と断層が比較的少ない場所に分布するという傾向を明らかにできたが、北鹿地域中央の深沢などの4つの鉱床は断層が比較的多い低重力異常域に位置した。これらの4鉱床付近のデイサイトについて、鉱床から3 kmを基準に北鹿中央部と周縁部のデイサイトを区別し、同様に機械学習を用いて解析したところ、北鹿中央部のデイサイトは周縁部のそれに比べてTiO₂とMgO濃度が低い(第2表、第4図)という特徴も抽出できた。この特徴は鉱床生成時の熱水環境による可能性がある。また、Hede *et al.* (2017)によれば、これら4鉱床の鉱量は比較的小さい。

以上の結果から鉱床からの距離や位置によって鉱床生成関連のデイサイトの化学組成が異なっていると同時に、特定の基盤岩構造に鉱床が位置し、それらが鉱床の生成環境と関連していることが示唆された。

第2表 北鹿中央部4鉱床に対するデイサイトと周縁部のデイサイトとの化学組成の差異

RF		XGBoost	
元素	重要度	元素	重要度
TiO ₂	0.175	TiO ₂	0.149
Zn	0.121	MgO	0.113
MgO	0.113	Zn	0.094
Pb	0.083	Pb	0.087
P ₂ O ₅	0.046	Fe ₂ O ₃	0.087
F1 score		F1 score	
周縁部	0.83	周縁部	0.78
中央部	0.87	中央部	0.81

第4図 北鹿中央部と周縁部のデイサイトにおけるTiO₂とMgO濃度分布のボックスプロット図およびハーカー図

5. まとめと今後の課題

本研究では北鹿地域の黒鉱鉱床を対象に、鉱床生成に関する特徴を抽出するため、鉱床近傍と遠方のデイサイト化学組成、および北鹿地域のブーゲー重力異常について解析を行った。化学組成解析では、鉱床近傍のデイサイトは遠方のデイサイトに比べCo濃度が小さい傾向があることが明らかになった。ブーゲー重力異常解析では、黒鉱鉱床が主に高異常域の周辺に分布するが、黒鉱領域中央部に位置する深沢などの4鉱床付近では、比較的低異常かつ断層の多い地域に分布することが明らかになった。これら4鉱床付近のデイサイトについて同様に化学組成解析を行ったところ、TiO₂とMgOの濃度が小さい傾向があることがわかった。

今後の課題として、化学組成解析では各元素濃度のみでなく、元素濃度の組み合わせについて解析を行う。また、本研究では化学組成の空間的相関性により鉱床より3 kmを近傍と定義したが、これについて再検討したい。ブーゲー重力異常解析では曲率変化の大小のみでなく、重力異常の詳細な分布構造を用いて検討する。また、地磁気異常データなど他データの解析との総合的な解釈を行う。

文献

- Hede, A. N. H., Koike, K., Kashiwaya, K., Sakurai, S., Yamada, R. and Singer, D. A. (2017) How can satellite imagery be used for mineral exploration in thick vegetation areas?, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, vol. 18, pp. 1–13. doi:10.1002/2016GC006501.
- 通商産業省資源エネルギー庁 (1983) 昭和57年度広域調査報告書 構造解析総合調査.
- 山田亮一 (2018) 黒鉱鉱床の概要, *資源地質*, vol. 68(2), pp.79–102.